

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN



(11)Publication number : 11-101732

(43)Date of publication of application : 13.04.1999

(51)Int.Cl.

G01N 19/02  
B60K 17/348  
B60T 8/34  
F02D 29/02

(21)Application number : 09-260614

(71)Applicant : FUJI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 25.09.1997

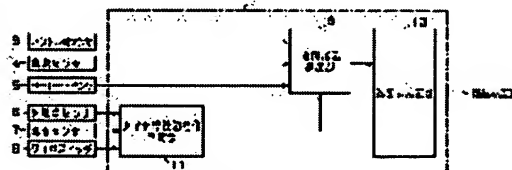
(72)Inventor : MATSUNO KOJI

## (54) ROAD SURFACE FRICTIONAL COEFFICIENT DETECTOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a road surface frictional coefficient detector for estimating a road surface frictional coefficient with satisfactory responsiveness in response to a road surface state.

**SOLUTION:** A tire characteristic initial value deciding unit 11 for deciding whether a road surface  $\mu$  (road surface frictional coefficient) is lowered or not according to freezing, rainfall or the like to output a signal for setting parameters aL, bL at preset low  $\mu$  at the time of deciding the low surface  $\mu$  or parameters af, bf immediately before stop of a vehicle at previous time at the time of deciding no drop of the surface  $\mu$  to a vehicle data calculator 9 for obtaining vehicle data (parameters (a), (b)) from a steering angle  $\delta$ , vehicle speed V and yaw rate  $\gamma$  by using an adaptive control theory is connected to the calculator 9.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.05.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3331310

[Date of registration] 19.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-101732

(43)公開日 平成11年(1999) 4月13日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
G 0 1 N 19/02		G 0 1 N 19/02
B 6 0 K 17/348		B 6 0 K 17/348
B 6 0 T 8/34		B 6 0 T 8/34
F 0 2 D 29/02	3 1 1	F 0 2 D 29/02
		3 1 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

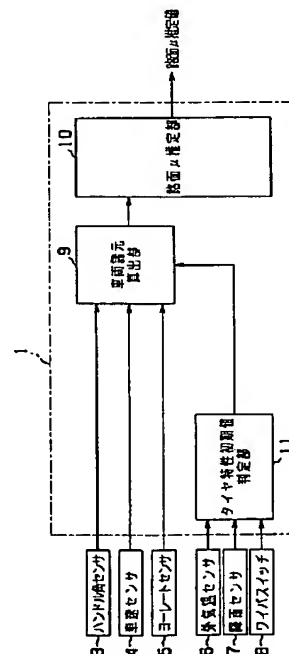
(21)出願番号	特願平9-260614	(71)出願人	000005348 富士重工業株式会社 東京都新宿区西新宿一丁目7番2号
(22)出願日	平成9年(1997)9月25日	(72)発明者	松野 浩二 東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会 社スバル研究所内
		(74)代理人	弁理士 伊藤 進

(54)【発明の名称】 路面摩擦係数検出装置

(57)【要約】

【課題】 路面状況に応じて応答性良く路面摩擦係数を推定することができる路面摩擦係数検出装置を提供する。

【解決手段】 舵角 $\delta$ 、車速 $V$ 、ヨーレート $\gamma$ から適応制御理論を用いて車両諸元(パラメータ $a$ 、 $b$ )を求める車両諸元算出部9に、凍結や降雨等により路面 $\mu$ が低下しているか否かを判定し、路面 $\mu$ が低下していると判断したときには予め設定した低 $\mu$ でのパラメータ $a_L$ 、 $b_L$ を、路面 $\mu$ が低下していないと判断したときには前回車両が停車する直前のパラメータ $a_f$ 、 $b_f$ を、車両諸元算出部9にパラメータ初期値 $a_1$ 、 $b_1$ として設定させる信号を出力するタイヤ特性初期値判定部11を接続する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出する車両諸元算出手段と、

上記推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定し、この前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出する路面摩擦係数推定手段と、

車両が所定時間以上停車した後の始動時の路面状況を推定し、車両始動時の上記車両諸元算出手段におけるパラメータの初期値を上記推定した路面状況に応じて設定するタイヤ特性初期値判定手段とを備えたことを特徴とする路面摩擦係数検出装置。

【請求項2】 車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出する車両諸元算出手段と、

車両の実際の横加速度を所定にローパスフィルタ処理し、このフィルタ処理値を基に路面摩擦係数基準値を演算する路面摩擦係数基準値演算手段と、

上記車両諸元算出手段で推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定し、この前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出するとともに、このコーナリングパワより算出した路面摩擦係数推定値と上記路面摩擦係数基準値演算手段で演算した上記路面摩擦係数基準値とを比較して路面摩擦係数推定値を設定する路面摩擦係数推定手段とを備えたことを特徴とする路面摩擦係数検出装置。

【請求項3】 車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出する車両諸元算出手段と、

車両が所定時間以上停車した後の始動時の路面状況を推定し、車両始動時の上記車両諸元算出手段におけるパラメータの初期値を上記推定した路面状況に応じて設定するタイヤ特性初期値判定手段と、

車両の実際の横加速度を所定にローパスフィルタ処理し、このフィルタ処理値を基に路面摩擦係数基準値を演算する路面摩擦係数基準値演算手段と、

上記車両諸元算出手段で推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定し、この前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出するとともに、このコーナリングパワより算出した路面摩擦係数推定値と上記路面摩擦係数基準値演算手段で演算した上記路面摩擦係数基準値とを比較して路面摩擦係数推定値を設定する路面摩擦係数推定手段とを備えたことを特徴とする路面摩擦係数検出装置。

【請求項4】 上記タイヤ特性初期値判定手段は、外気温と降雨状態とを基に車両始動時の路面摩擦係数を推定し、上記路面摩擦係数が低下していると判断した際は、上記車両諸元算出手段に対し予め設定した低い路面摩擦係数に対応したパラメータ初期値を設定することを特徴

とする請求項1または請求項3に記載の路面摩擦係数検出装置。

【請求項5】 上記路面摩擦係数基準値演算手段は、上記ローパスフィルタ処理された上記実横加速度を基に路面が少なくとも有する路面摩擦係数の最小値を上記路面摩擦係数基準値として算出し、

上記路面摩擦係数推定手段は、上記コーナリングパワより算出された上記路面摩擦係数推定値が上記路面摩擦係数基準値よりも小さいときは該路面摩擦係数基準値を路面摩擦係数推定値として設定することを特徴とする請求項2または請求項3に記載の路面摩擦係数検出装置。

【請求項6】 上記路面摩擦係数基準値演算手段は、車両走行状態から理論上求まる基準定常横加速度を算出し該基準定常横加速度を所定にローパスフィルタ処理して基準横加速度を算出するとともに、この基準横加速度と上記実横加速度のフィルタ処理値とを基に路面摩擦係数の上限値である路面摩擦係数最大値を上記路面摩擦係数基準値として算出し、

上記路面摩擦係数推定手段は、上記コーナリングパワより算出された上記路面摩擦係数推定値が上記路面摩擦係数基準値よりも大きいときは該路面摩擦係数基準値を路面摩擦係数推定値として設定することを特徴とする請求項2または請求項3に記載の路面摩擦係数検出装置。

【請求項7】 上記路面摩擦係数基準値演算手段は、車両の走行状態から理論上求まる基準定常横加速度を算出し、該基準定常横加速度に異なる2種類のローパスフィルタで所定に処理して2種類の異なる基準横加速度を算出し、

上記路面摩擦係数推定手段は、上記実横加速度のフィルタ処理値が上記2種類の異なる基準横加速度で定められる範囲内であるならば、上記コーナリングパワにより算出した路面摩擦係数を路面摩擦係数として設定することを特徴とする請求項2または請求項3に記載の路面摩擦係数検出装置。

【請求項8】 上記路面摩擦係数基準値演算手段は、車両の走行状態から理論上求まる基準定常横加速度を算出し、該基準定常横加速度に異なる2種類のローパスフィルタで所定に処理して2種類の異なる基準横加速度を算出するとともに、これら2種類の基準横加速度と上記実横加速度のフィルタ処理値とを基に2種類の異なる路面摩擦係数最大値を求め、上記実横加速度のフィルタ処理値が上記2種類の基準横加速度で定められる所定条件を満たすとき、上記2種類の路面摩擦係数最大値のうち小さい方を上記路面摩擦係数基準値として決定し、

上記路面摩擦係数推定手段は、上記コーナリングパワより算出された上記路面摩擦係数推定値が上記路面摩擦係数基準値よりも大きいときは該路面摩擦係数基準値を路面摩擦係数推定値として設定することを特徴とする請求項2または請求項3に記載の路面摩擦係数検出装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する分野】本発明は、路面状態に応じて適切に路面摩擦係数を検出する路面摩擦係数検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、車両においてはトラクション制御、制動力制御、あるいはトルク配分制御等についての様々な技術が実現され、またその制御についても多くの提案がなされている。

【0003】ところで上記各技術では、その制御に路面摩擦係数（以下、「路面 $\mu$ 」と称す）を用いるものも多く、その制御を確実に実行するためには、正確な路面 $\mu$ を検出する必要がある。

【0004】この路面 $\mu$ を検出するための技術については、本出願人も、例えば特開平 8-2274 号公報に、適応制御理論を用いて、舵角 $\delta$ 、車速 $V$ 、ヨーレート $\gamma$ 等から路面 $\mu$ 推定値を算出する技術を提案している。

【0005】上記特開平 8-2274 号公報に記載の先行技術によれば、車両のヨー運動あるいは横運動をモデル化し、実車のヨー運動あるいは横運動との比較によって、時々刻々のタイヤ特性を推定することで路面 $\mu$ を推定することができる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、適応制御理論を応用した路面 $\mu$ 推定方法は、いずれも路面 $\mu$ が現在の推定値よりも高いのか低いのかに基づく積分動作で行われ、積分動作の初期値が不適切であると、適切な路面 $\mu$ 推定結果を得るまでの時間が長くなり、応答性についての新たな課題が生じた。また、適応制御理論を応用した路面 $\mu$ 推定方法は、ハンドル操作に対するヨー応答の振動的な入力が必要とするが、悪路走行時においては路面の凹凸等の影響を受けて十分な路面 $\mu$ 推定が行えないという課題を生じた。

【0007】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、路面状況に応じて精度良く、かつ応答性を向上して路面摩擦係数を推定することができる路面摩擦係数検出装置を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項 1 記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出する車両諸元算出手段と、上記推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定しこの前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出する路面摩擦係数推定手段と、車両が所定時間以上停車した後の始動時の路面状況を推定し車両始動時の上記車両諸元算出手段におけるパラメータの初期値を上記推定した路面状況に応じて設定するタイヤ特性初期値判定手段とを備えたことを特徴とする。

【0009】すなわち、上記請求項 1 記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、上記車両諸元算出手段で車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出し、上記路面摩擦係数推定手段で上記推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定しこの前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出する。ここで、上記タイヤ特性初期値設定手段によって車両が所定時間以上停車した後の車両始動時の路面状況を推定し上記車両諸元算出手段におけるパラメータの初期値を上記推定された路面状況に応じて設定する。

【0010】また、請求項 2 記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出する車両諸元算出手段と、車両の実際の横加速度を所定にローパスフィルタ処理し、このフィルタ処理値を基に路面摩擦係数基準値を演算する路面摩擦係数基準値演算手段と、上記車両諸元算出手段で推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定しこの前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出するとともにこのコーナリングパワより算出した路面摩擦係数推定値と上記路面摩擦係数基準値演算手段で演算した上記路面摩擦係数基準値とを比較して路面摩擦係数推定値を設定する路面摩擦係数推定手段とを備えたことを特徴とする。

【0011】すなわち、上記請求項 2 記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、上記車両諸元算出手段で車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出し、上記路面摩擦係数基準値演算手段で車両の実際の横加速度を所定にローパスフィルタ処理し、このフィルタ処理値を基に路面摩擦係数基準値を演算し、上記路面摩擦係数推定手段で、上記車両諸元算出手段で推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定しこの前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出するとともにこのコーナリングパワより算出した路面摩擦係数推定値と上記路面摩擦係数基準値演算手段で演算した上記路面摩擦係数基準値とを比較して路面摩擦係数推定値を設定することで路面摩擦係数推定値の検出精度を向上させる。

【0012】また、請求項 3 記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出する車両諸元算出手段と、車両が所定時間以上停車した後の始動時の路面状況を推定し、車両始動時の上記車両諸元算出手段におけるパラメータの初期値を上記推定した路面状況に応じて設定するタイヤ特性初期値判定手段と、車両の実際の横加速度を所定にローパスフィルタ処理し、このフィルタ処理値を基に路面摩擦

係数基準値を演算する路面摩擦係数基準値演算手段と、上記車両諸元算出手段で推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定し、この前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出するとともに、このコーナリングパワより算出した路面摩擦係数推定値と上記路面摩擦係数基準値演算手段で演算した上記路面摩擦係数基準値とを比較して路面摩擦係数推定値を設定する路面摩擦係数推定手段とを備えたことを特徴とする。

【0013】すなわち、上記請求項3記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、上記車両諸元算出手段で車両の横運動の運動方程式に基づき車両の前後輪のコーナリングパワを推定するためのパラメータを算出し、上記路面摩擦係数基準値演算手段で車両の実際の横加速度を所定にローパスフィルタ処理し、このフィルタ処理値を基に路面摩擦係数基準値を演算し、上記路面摩擦係数推定手段で、上記車両諸元算出手段で推定したパラメータを基に車両の前後輪のコーナリングパワを推定しこの前後輪のコーナリングパワにより路面状況に応じた路面摩擦係数推定値を算出するとともにこのコーナリングパワより算出した路面摩擦係数推定値と上記路面摩擦係数基準値演算手段で演算した上記路面摩擦係数基準値とを比較して路面摩擦係数推定値を設定する。ここで、上記タイヤ特性初期値判定手段によって車両が所定時間以上停車した後の車両始動時には路面状況を推定し、上記車両諸元算出手段におけるパラメータの初期値を上記推定された路面状況に応じて設定する。

【0014】また、請求項4記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、請求項1、3のいずれか一つに記載の路面摩擦係数検出装置において、上記タイヤ特性初期値判定手段は、外気温と降雨状態とを基に車両始動時の路面摩擦係数を推定し上記路面摩擦係数が低下していると判断した際は上記車両諸元算出手段に対し予め設定した低い路面摩擦係数に対応したパラメータ初期値を設定するようにして応答性を向上させる。

【0015】また、請求項5記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、請求項2、3のいずれか一つに記載の路面摩擦係数検出装置において、上記路面摩擦係数基準値演算手段は、上記ローパスフィルタ処理された上記実横加速度を基に路面が少なくとも有する路面摩擦係数の最小値を上記路面摩擦係数基準値として算出し、上記路面摩擦係数推定手段は、上記コーナリングパワより算出された上記路面摩擦係数推定値が上記路面摩擦係数基準値よりも小さいときは該路面摩擦係数基準値を路面摩擦係数推定値として設定するようにして、上記コーナリングパワより算出された路面摩擦係数推定値が実際の路面摩擦係数よりも大幅に小さい値を示した場合でも検出される路面摩擦係数が極端に小さな値となることを防止する。

【0016】また、請求項6記載の本発明による路面摩

擦係数検出装置は、請求項2、3のいずれか一つに記載の路面摩擦係数検出装置において、上記路面摩擦係数基準値演算手段は、車両の走行状態から理論上求まる基準定常横加速度を算出し該基準定常横加速度を所定にローパスフィルタ処理して基準横加速度を算出するとともに、この基準横加速度と上記実横加速度のフィルタ処理値とを基に路面摩擦係数の上限値である路面摩擦係数最大値を上記路面摩擦係数基準値として算出し、上記路面摩擦係数推定手段は、上記コーナリングパワより算出された上記路面摩擦係数推定値が上記路面摩擦係数基準値よりも大きいときは該路面摩擦係数基準値を路面摩擦係数推定値として設定するようにして、上記コーナリングパワより算出された路面摩擦係数推定値が実際の路面摩擦係数よりも大幅に大きい値を示した場合でも検出される路面摩擦係数が極端に大きな値となることを防止する。

【0017】また、請求項7記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、請求項2、3のいずれか一つに記載の路面摩擦係数検出装置において、上記路面摩擦係数基準値演算手段は車両の走行状態から理論上求まる基準定常横加速度を算出し該基準定常横加速度に異なる2種類のローパスフィルタで所定に処理して2種類の異なる基準横加速度を算出し、上記路面摩擦係数推定手段は上記横加速度のフィルタ処理値が上記2種類の異なる基準横加速度で定められる範囲内であるならば、上記コーナリングパワにより算出した路面摩擦係数を路面摩擦係数として設定するものである。

【0018】また、請求項8記載の本発明による路面摩擦係数検出装置は、請求項2、3のいずれか一つに記載の路面摩擦係数検出装置において、上記路面摩擦係数基準値演算手段は、車両の走行状態から理論上求まる基準定常横加速度を算出し該基準定常横加速度に異なる2種類のローパスフィルタで所定に処理して2種類の異なる基準横加速度を算出するとともにこれら2種類の基準横加速度と上記実横加速度のフィルタ処理値とを基に2種類の異なる路面摩擦係数最大値を求め、上記実横加速度のフィルタ処理値が上記2種類の基準横加速度で定められる所定条件を満たすとき、上記2種類の路面摩擦係数最大値のうち小さい方を上記路面摩擦係数基準値として決定し、上記路面摩擦係数推定手段は、上記コーナリングパワより算出された上記路面摩擦係数推定値が上記路面摩擦係数基準値よりも大きいときは該路面摩擦係数基準値を路面摩擦係数推定値として設定するようにして、上記コーナリングパワより算出された路面摩擦係数推定値が実際の路面摩擦係数よりも大幅に大きい値を示した場合でも検出される路面摩擦係数が極端に大きな値となることを防止する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。図1～3は本発明の第1の実施の

形態に係わり、図1は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図、図2は、車両の横運動の2輪モデルを示す説明図、図3は、路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャートである。

【0020】図1において、符号1は車両に搭載され、走行時の路面 $\mu$ 推定値を検出する路面 $\mu$ 検出装置を示す。この路面 $\mu$ 検出装置1には、ハンドル角センサ3、車速センサ4、ヨーレートセンサ5、及び、外気温センサ6、降雨センサ7、ワイパスイッチ8等の各センサからの信号が入力され、これらの信号を基に路面 $\mu$ 推定値Eを推定し、この路面 $\mu$ 推定値Eを例えば図示しないトラクション制御装置、制動力制御装置、トルク配分制御装置等に出力するようになっている。

【0021】上記路面 $\mu$ 検出装置1は、車両諸元算出部

$$2 \cdot C_f + 2 \cdot C_r = M \cdot G_y \quad \dots (1)$$

一方、重心回りの回転の運動方程式は、重心から前後輪軸までの距離 $L_f$ 、 $L_r$ 、車体のヨーイング慣性モーメ

$$2 \cdot C_f \cdot L_f - 2 \cdot C_r \cdot L_r = I_z \cdot (d y / d t) \quad \dots (2)$$

車速 $V$ と重心点の横方向への並進速度（横すべり速度）

$V_y$ を用いると、横加速度 $G_y$ は、次式で表される。

$$G_y = (d V_y / d t) + V \cdot y \quad \dots (3)$$

コーナリングフォースはタイヤの横すべり角に対し1次遅れに近い応答をするが、この遅れを無視すると、前後輪のコーナリングパワ $K_f$ 、 $K_r$ 、前後輪の横すべり角 $\alpha_f$ 、 $\alpha_r$ により以下となる。

$$C_f = K_f \cdot \alpha_f \quad \dots (4)$$

$$C_r = K_r \cdot \alpha_r \quad \dots (5)$$

$$\alpha_f = \delta_f - \{ (V_y + L_f \cdot y) / V \} \\ = (\theta_H / n) - \{ (V_y + L_f \cdot y) / V \} \quad \dots (6)$$

$$\alpha_r = \delta_r - \{ (V_y - L_r \cdot y) / V \} \quad \dots (7)$$

以上が基本的な運動方程式であり、上記車両諸元算出部9では、これらの運動方程式を状態変数表現で示し、パラメータ調整則を設定して適応制御理論を展開することで種々のパラメータが推定される。

【0024】上記路面 $\mu$ 推定部10は、上記車両諸元算出部9で推定されたパラメータを基に前後輪のコーナリングパワ $K_f$ 、 $K_r$ を求め、これらのコーナリングパワから、路面 $\mu$ を推定するようになっている。

【0025】ここで、路面 $\mu$ を推定する際の実車のパラ

$$K_f = b \cdot I_z \cdot n / (2 \cdot L_f) \quad \dots (8)$$

$$K_r = (a \cdot I_z + L_f \cdot K_f) / L_r \quad \dots (9)$$

従って上述の式により、車速 $V$ 、前輪舵角 $\delta_f$ 、ヨーレート $y$ で演算して非線形領域の前後輪のコーナリングパワ $K_f$ 、 $K_r$ が推定される。

【0026】そして推定された前後輪のコーナリングパワ $K_f$ 、 $K_r$ は、例えば以下に示すように、前後輪毎に高 $\mu$ 路のものと比較することで前後輪の路面 $\mu$ 推定値 $\mu_f$ 、 $\mu_r$ が算出され、これら前後輪の路面 $\mu$ 推定値 $\mu_f$ 、 $\mu_r$ に基づいて非線形の路面 $\mu$ 推定値Eが高い精度で設定される。

9、路面 $\mu$ 設定部10、タイヤ特性初期値判定部11で主に構成されている。

【0022】上記車両諸元算出部9には、上記ハンドル角センサ3、上記車速センサ4、上記ヨーレートセンサ5が接続されており、これら各センサから入力されるハンドル角 $\theta_H$ 、車速 $V$ 、ヨーレート $y$ を用いて車両運動方程式に基づきパラメータ（諸元）を算出するようになっている。

【0023】図2の車両運動モデルを用いて、車両の横運動の運動方程式を立てる。横方向の並進運動の運動方程式は、前後輪のコーナリングフォース $C_f$ 、 $C_r$ 、車体質量 $M$ 、横加速度 $G_y$ により以下になる。

ント $I_z$ 、ヨー角加速度 $d y / d t$ により以下である。

コーナリングパワの中でロールやサスペンションの影響を考慮するものとして等価コーナリングパワを用いると、横すべり角 $\alpha_f$ 、 $\alpha_r$ は、前輪舵角 $\delta_f$ 、後輪舵角 $\delta_r$ 、ステアリングギヤ比 $n$ により以下のように簡略化できる。

メータとしては、車体質量やヨーイング慣性モーメント等があるが、これらは一定と仮定し、タイヤのコーナリングパワのみが変化するものとする。タイヤのコーナリングパワが変化する要因としては、すべり角に対する横力の非線形性、路面 $\mu$ の影響、荷重移動の影響等がある。上記車両諸元算出部9において、車両運動モデルを基にしたヨーレートと実車のヨーレート $y$ の偏差により推定されるパラメータ $a$ 、 $b$ により、前後輪のコーナリングパワ $K_f$ 、 $K_r$ を求めると、例えば以下になる。

$$\mu_f = K_f / K_{f0} \quad \dots (10)$$

$$\mu_r = K_r / K_{r0} \quad \dots (11)$$

ここで上記 $K_{f0}$ 、 $K_{r0}$ は、基準等価コーナリングパワ（高 $\mu$ 路での基準等価コーナリングパワ）である。路面 $\mu$ 推定部10では、例えば上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_f$ 、 $\mu_r$ のうち小さい方を路面 $\mu$ 推定値Eとして出力する。

【0027】上記タイヤ特性初期値判定部11には、上記外気温センサ6、降雨センサ7、ワイパスイッチ8が接続されており、これら各センサから入力される信号を

基に、車両が所定時間（長時間）以上停車した後、再び始動する際の路面  $\mu$  推定のパラメータ初期値  $a1$ ,  $b1$  を決定するための信号を上記車両諸元算出部 9 に出力するタイヤ特性初期値判定手段として形成されている。

【0028】このタイヤ特性初期値判定部 11 では、先ず、上記各センサから入力される信号を基に、車両の長期停車後の始動時の路面  $\mu$  が路面凍結や降雨等によって低下しているか否かを判断する。そして、上記路面  $\mu$  が低下していると判断した場合には、上記車両諸元算出部 9 において決定される上記パラメータ初期値  $a1$ ,  $b1$  を予め設定された低  $\mu$  路（例えば  $\mu = 0.3$ ）に対応するパラメータ  $aL$ ,  $bL$  とするための信号を、一方、路面  $\mu$  が低下していないと判断した場合には、上記車両諸元算出部 9 において決定される上記パラメータ初期値  $a1$ ,  $b1$  を前回車両が停車する直前の路面  $\mu$  推定値に対応するパラメータ  $aF$ ,  $bF$  とするための信号を上記車両諸元算出部 9 に出力するようになっている。なお、車両が長時間停車したか否かの判断は、例えば、上記車速センサ 4 から検出される車速  $V$  が零となつてから再び零以外となるまでの時間を計時し、この計時された時間が予め設定された時間以上であるか否かを調べることによって行われる。

【0029】次に、上記構成による路面  $\mu$  検出装置 1 の路面  $\mu$  推定値  $E$  の検出を図 3 のフローチャートで説明する。この路面  $\mu$  検出プログラムは、例えば、所定時間毎に実行され、プログラムがスタートすると、ステップ（以下  $S$  と略称）101 では、ハンドル角センサ 3 からハンドル角  $\theta H$ 、車速センサ 4 から車速  $V$ 、ヨーレートセンサ 5 からヨーレート  $\gamma$  を示す信号を読み込み、 $S102$  進む。

【0030】次いで、上記  $S102$  では、車両が長時間停車後の始動であるか否かを判断し、車両が長時間停車後の始動である場合は  $S103$  に進み、一方、車両が長時間停車後の始動以外（走行中あるいは短時間停車後の始動）である場合には  $S108$  に進む。

【0031】以下、上記  $S103 \sim S105$  はタイヤ特性初期値判定部 11 で行われる処理であり上記  $S103$  では、外気温センサ 6 から外気温を示す信号、降雨センサ 7 から降雨状態か否かを示す信号、ワイパスイッチ 8 からワイパがオンされているか否かを示す信号を読み込む。

【0032】次いで  $S104$  に進み、上記外気温センサ 6 からの信号を基に、気温が所定温度（例えば、路面の凍結のおそれのある  $0^{\circ}\text{C}$ ）より低いかなかを調べる。そして、気温が上記所定温度より低い場合は  $S106$  に進み、一方、気温が上記所定温度以上の場合には  $S105$  に進む。

【0033】上記  $S105$  では、上記降雨センサ 6、上記ワイパスイッチ 7 からの信号を基に現在雨が降っているか否かを調べ、降雨中である場合は上記  $S106$  に進

み、そうでない場合は  $S107$  に進む。

【0034】そして、上記  $S104$  で気温が所定温度よりも低いと判定し、あるいは上記  $S105$  で降雨中であると判定して上記  $S106$  に進むと、車両諸元算出部 9 において、予め設定された低  $\mu$ （例えば、 $\mu = 0.3$ ）に対応するパラメータ  $aL$ ,  $bL$  をパラメータ初期値  $a1$ ,  $b1$  として設定し  $S109$  に進む。

【0035】一方、上記  $S105$  で降雨中ではないと判定して  $S107$  に進むと、上記車両諸元算出部 9 において、前回車両が停車する直前に検出された路面  $\mu$  のパラメータ  $aF$ ,  $bF$  をパラメータ初期値  $a1$ ,  $b1$  として設定し、 $S109$  に進む。

【0036】このように、車両の長期停車後の始動の際の外気温と天候から路面  $\mu$  が低下しているか否かを判定し、路面  $\mu$  が低下していると判断される場合には、パラメータ初期値を予め設定された低  $\mu$  に対応する値に設定する。このため、長時間の停車中に気温が低下し路面が凍結した場合や降雨によって路面が濡れた場合があっても、パラメータ初期値  $a1$ ,  $b1$  を実際の路面  $\mu$  に近い路面  $\mu$ （低  $\mu$  値）に対応するパラメータ初期値に設定することができる。なお、上記初期値として設定する低  $\mu$  に対応したパラメータは、上記低  $\mu$  値（ $\mu = 0.3$ ）に対応したもののみに限らず他の路面  $\mu$  の値に対応したものをを用いても良く、また、気温、天気等の諸条件に対して予め複数の路面  $\mu$  の値を設定してもよい。

【0037】一方、上記  $S102$  から上記  $S108$  に進むと、上記車両諸元算出部 9 で適応制御理論によって、前回の車両諸元を基に、上記  $S101$  で読み込まれたハンドル角  $\theta H$ 、車速  $V$ 、ヨーレート  $\gamma$  から今回のパラメータ  $a_n$ ,  $b_n$  を推定し上記  $S109$  に進む。

【0038】そして、上記  $S109$  では、路面  $\mu$  推定部 10 で上記パラメータ  $a_n$ ,  $b_n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ) を基にパラメータ  $a_n$  を式 (9) における  $a$ 、パラメータ  $b_n$  を式 (8) における  $b$  として、コーナリングパワ  $K_f$ ,  $K_r$  を求め、これらのコーナリングパワ  $K_f$ ,  $K_r$  から路面  $\mu$  推定値  $\mu_f$ ,  $\mu_r$  を算出しこれらの内小さい方を路面  $\mu$  推定値  $E$  とした後、ルーチンを抜ける。

【0039】このように、本実施の形態によれば、停車中に路面  $\mu$  が低下した場合等においても、路面  $\mu$  推定の際のパラメータ初期値を実際の路面  $\mu$  に近い値に対応するパラメータ初期値から始めることができるので、検出される路面  $\mu$  推定値  $E$  が実際の路面  $\mu$  に収束するまでの時間を短縮することができ応答性の向上を図ることが可能となる。

【0040】次に、図 4～7 は本発明の第 2 の実施の形態を示し、図 4 は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図、図 5 は、ローパスフィルタ処理された横  $G$  絶対値を示す説明図、図 6 は、路面  $\mu$  推定値  $E$  の算出方法を示す説明図、図 7 は、路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャートである。なお、本実施の形態は、車両にか

かる横方向の加速度（以下、「横G」と略称）を基に、少なくとも路面が有すると思われる路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ を求め、この路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ と、適応制御理論を用いて前輪舵角 $\delta f$ 、車速 $V$ 、ヨーレート $\gamma$ から推定されるコーナリングパワ $Kf$ 、 $Kr$ を用いて算出される路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ とを比較することで路面 $\mu$ 推定値 $E$ の検出精度を高めるものである。

【0041】図4に示すように、路面 $\mu$ 検出装置20には、ハンドル角センサ3、車速センサ4、ヨーレートセンサ5、及び、横Gセンサ21等の各センサからの検出信号が入力され、これらの信号を基に路面 $\mu$ 推定値 $E$ を検出するようになっている。

【0042】上記路面 $\mu$ 検出装置20は、車両諸元算出部22、横G絶対値演算部23、ローパスフィルタ部24、路面 $\mu$ 最小値演算部25、路面 $\mu$ 推定部26で主に構成されている。

【0043】上記車両諸元算出部22は、上記ハンドル角センサ3、上記車速センサ4、上記ヨーレートセンサ5からの検出データが入力され、上述の第1の実施の形態と同様に適応制御理論を用いて、前輪舵角 $\delta f$ 、車速 $V$ 、ヨーレート $\gamma$ からパラメータ（車両諸元） $a$ 、 $b$ を推定する車両諸元算出手段として形成されている。

【0044】上記横G絶対値演算部23、上記ローパスフィルタ部24、及び、上記路面 $\mu$ 最小値演算部25は、路面摩擦係数基準値演算手段として形成されており、上記横G絶対値演算部23は、上記横Gセンサ21で検出される車体にかかる横Gのデータが入力され、こ

路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min} = | \text{車体横Gのフィルタ処理値} | \dots (12)$

によって推定される。

【0049】上記路面 $\mu$ 推定部26は、上記上記車両諸元算出部22で推定されたパラメータ $a$ 、 $b$ を基に、前記第1の実施の形態で説明したように、コーナリングパワ $Kf$ 、 $Kr$ を算出して路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ を求めるとともに、この路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ と、上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ とを比較して $\mu$ の値が大きい方を路面 $\mu$ 推定値 $E$ として出力する路面 $\mu$ 推定手段として形成されている。

【0050】ここで、上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ は、車両に加わる横Gから算出されたものであるため、路面は最低 $\mu_{\min}$ の路面 $\mu$ を有すると考えられる。従って、上記横Gから推定される路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ を路面が有する $\mu$ の最低値とし、上記コーナリングパワを基に推定された路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ が上記路面 $\mu$ 最低値 $\mu_{\min}$ を下回ったときは、この路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ を路面 $\mu$ 推定値 $E$ として出力する。すなわち、図6に示すような $\mu_k$ と $\mu_{\min}$ が得られた場合、図中IIIに示す領域では $\mu_{\min}$ を路面 $\mu$ 推定値 $E$ として出力し、それ以外の領域では $\mu_k$ を路面 $\mu$ 推定値 $E$ として出力する。

【0051】このため、たとえ検出誤差や適応制御理論による収束の遅れ等によって、コーナリングパワ $Kf$ 、 $Kr$ より求められる路面摩擦係数 $\mu_k$ が実際の路面 $\mu$ より

の横Gの絶対値を演算するようになっている。

【0045】上記ローパスフィルタ部24は、上記横G絶対値演算部からのデータが入力され、このデータ中に含まれる路面の凹凸などに起因するノイズを除去するようになっている。

【0046】詳しくは、上記横Gセンサ21はハンドル舵角に起因する横Gの検出を行うものであるが、上記横G検出データの中には路面の凹凸等の影響によってノイズが混入されるため、特に悪路走行時には横Gの検出データが大きく変動する。そこで上記ローパスフィルタ部24において、この路面の凹凸によるノイズの除去を行う。

【0047】この際、上記ローパスフィルタ部24では、上記車体横Gの絶対値が増加傾向の場合はフィルタのカットオフ周波数を低くし、また、上記車体横Gの絶対値が減少傾向の場合はフィルタのカットオフ周波数を高く設定する。その結果、車両が走行中に平坦な路面から悪路に進入したとき（図5中、Iの領域からIIの領域に進入したとき）の車体横G検出データの絶対値（図中点線で示す）は、ローパスフィルタ処理されると図中実線で示すように悪路によるノイズの影響を差し引いた低い値に抑えられる。

【0048】上記路面 $\mu$ 最小値演算部25は、上記ローパスフィルタ部24によりフィルタ処理された横G絶対値のデータから、路面が少なくとも有すると思われる路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ を演算するようになっている。ここで上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ は、

も大幅に低い値を示したとしても、最低限 $\mu_{\min}$ だけの値は路面 $\mu$ 推定値 $E$ として検出することができる。

【0052】次に、上記構成による路面 $\mu$ 検出装置20の路面 $\mu$ 推定値 $E$ の検出を図7のフローチャートで説明する。この路面 $\mu$ 検出プログラムは、例えば、車両が走行中、所定時間毎に実行され、プログラムがスタートすると、S201では、ハンドル角センサ3からハンドル角 $\theta H$ 、車速センサ4から車速 $V$ 、ヨーレートセンサ5からヨーレート $\gamma$ 、横Gセンサ21から横Gを示すデータを読み込み、S202へ進む。

【0053】上記S202では、車両算出部22において適応制御理論を利用して、上記前輪舵角 $\delta f$ 、上記車速 $V$ 、上記ヨーレート $\gamma$ のデータからパラメータ $a$ 、 $b$ を求めS203に進む。

【0054】上記S203では、路面 $\mu$ 推定部26で上記パラメータ $a$ 、 $b$ からコーナリングパワ $Kf$ 、 $Kr$ を求め、このコーナリングパワ $Kf$ 、 $Kr$ を基に路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ を算出した後S204に進む。

【0055】上記S204では、横G絶対値演算部23で上記横Gセンサ21から読み込んだ横Gデータに絶対値演算処理を行い、S205でローパスフィルタ部24において上記横G絶対値データにローパスフィルタ処理

を行った後、S206に進み、路面 $\mu$ 最小値演算部25で上記ローパスフィルタ処理を行った横G絶対値データを基に路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ を算出する。

【0056】次にS207に進み、横Gより求めた上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ とコーナリングパワ $K_f$ 、 $K_r$ より求めた上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ とを比較する。そして、上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ が上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ より大きい場合はS208に進み、上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ を路面 $\mu$ 推定値Eとした後ルーチンを抜ける。

【0057】一方、上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ が上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ 以下の場合はS209に進み、上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ を路面 $\mu$ 推定値Eとした後ルーチンを抜ける。

【0058】このように、本実施の形態では、たとえ上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ が測定誤差や悪路走行等で実際の路面 $\mu$ よりも大幅に小さな値を示したとしても、出力される路面 $\mu$ 推定値Eは、上記路面 $\mu$ 最小値 $\mu_{\min}$ よりも小さな値となることはない。

【0059】次に、図8、9、10は本発明の第3の実施の形態を示し、図8は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図、図9は、路面 $\mu$ 推定値Eの算出方法を示す説明図、図10は、路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャートである。なお、本実施の形態は、車両に実際にかかる実横Gと、前輪舵角 $\delta f$ 、車速Vから理論上求まる基準横Gとを基に路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ を求め、この路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ と、適応制御理論を用いて前輪舵角 $\delta f$ 、車速V、ヨーレート $\gamma$ から求められる路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ とを比較して路面 $\mu$ 推定値Eの検出精度を高めるものである。

基準定常横G

$$= \{1 / (1 + A \cdot V^2)\} \cdot (V^2 / L) \cdot (\theta H / n) / g \quad \cdots (13)$$

なお、A：スタビリティファクタ

L：ホイールベース

n：ステアリングギア比 である。

【0065】上記ローパスフィルタ部32は、上記基準横G絶対値演算部31から入力される基準定常横Gの絶対値データをローパスフィルタ処理し、実車の応答性を加味しつつ上記データ中に含まれるノイズ成分を除去して基準横Gを生成するようになっている。

【0066】上記横G絶対値演算部23は、上記横Gセンサ21で検出された実際に車体にかかる横G（実横G）のデータが入力され、この実横Gの絶対値を演算するようになっている。

路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$

$$= (\text{実横Gフィルタ処理値}) / (\text{基準定常横Gフィルタ処理値}) \quad \cdots (14)$$

によって推定される。なお、上記基準定常横Gフィルタ処理値（基準横G）は、 $\mu = 1$ の路面を速度Vで走行中にハンドルを $\theta H$ 操舵したときに車両にかかると思われる横加速の理論値である。このため、上記車両の挙動がハンドル操作に応じた横G応答をしていれば上記路面

【0060】図8に示すように、路面 $\mu$ 検出装置30には、ハンドル角センサ3、車速センサ4、ヨーレートセンサ5、及び、横Gセンサ21等の各センサからの検出信号が入力され、これらの信号を基に路面 $\mu$ 推定値Eを検出するようになっている。

【0061】上記路面 $\mu$ 検出装置30は、車両諸元算出部22、基準定常横G絶対値演算部31、ローパスフィルタ部32、横G絶対値演算部23、ローパスフィルタ部24、路面 $\mu$ 最大値演算部35、路面 $\mu$ 推定部36で主に構成されている。

【0062】上記車両諸元算出部22は、上記ハンドル角センサ3、上記車速センサ4、上記ヨーレートセンサ5からの検出データが入力され、上述の第1、2の実施の形態と同様に適応制御理論を用いて、ハンドル角 $\theta H$ 、車速V、ヨーレート $\gamma$ からパラメータa、bを推定する車両諸元算出手段として形成されている。

【0063】上記横G絶対値演算部23、上記ローパスフィルタ部24、上記基準定常横G絶対値演算部31、上記ローパスフィルタ部32、上記路面 $\mu$ 最大値演算部35は路面摩擦係数基準値演算手段として形成されており、上記基準定常横G絶対値演算部31は、上記ハンドル角センサ3からハンドル角 $\theta H$ 、上記車速センサ4から車速Vのデータが入力され、これらのデータを基に基準定常横Gを求め、この基準定常横Gの絶対値を演算するようになっている。

【0064】ここで、上記基準定常横Gは、車速Vとハンドル角 $\theta H (= n \cdot \delta f)$  とから以下の式によって求められる。

【0067】上記ローパスフィルタ部24は、上記横G絶対値演算部23から実横G絶対値データが入力され、このデータに含まれるノイズをローパスフィルタ処理して除去するようになっている。

【0068】上記路面 $\mu$ 最大値演算部35は、上記ローパスフィルタ部32から基準横Gフィルタ処理データが入力されるとともに上記ローパスフィルタ部24から実横Gフィルタ処理データが入力され、これらの入力データから路面 $\mu$ の上限値であると思われる路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ を演算するようになっている。

【0069】ここで上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ は、

$\mu_{\max}$ は略1となる。従って、現在の路面 $\mu$ は路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ より大きくない値であると考えられ、この値を最大値とする。

【0070】上記路面 $\mu$ 推定部36は、上記上記車両諸元算出部22で推定されたパラメータa、bを基にコー

ナリングパワ  $K_f$ ,  $K_r$ を算出して路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ を求めるとともに、この路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ と、上記路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ とを比較して  $\mu$  の値が小さい方を路面  $\mu$  推定値  $E$  として決定する路面  $\mu$  推定手段として形成されている。

【0071】ここで、図9に示すような  $\mu_k$ と  $\mu_{\max}$ が得られた場合、図中IVに示す領域では  $\mu_{\max}$ を路面  $\mu$  推定値  $E$  として出力し、それ以外の領域では  $\mu_k$ を路面  $\mu$  推定値として出力する。このため、たとえば路面  $\mu$  の急変等によってコーナリングパワ  $K_f$ ,  $K_r$ より求められる路面摩擦係数  $\mu_k$ が実際の路面  $\mu$  よりも大幅に高い値を示したとしても路面  $\mu$  推定値  $E$  は、路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ 以上とはならず、該路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$  の大幅な検出誤差が生じることはない。

【0072】次に、上記構成による路面  $\mu$  検出装置 30 の路面  $\mu$  検出を図10のフローチャートで説明する。この路面検出プログラムは、例えば、所定時間毎に実行され、プログラムがスタートすると、S301では、ハンドル角センサ3からハンドル角  $\theta_H$ , 車速センサ4から車速  $V$ , ヨーレートセンサ5からヨーレート  $\gamma$ , 横Gセンサ21から実横  $G$  を示すデータを読み込み、S302へ進む。

【0073】上記S302では、車両諸元算出部22で適応制御理論を利用して、上記ハンドル角  $\theta_H$ , 上記車速  $V$ , 上記ヨーレート  $\gamma$  のデータからパラメータ  $a$ ,  $b$  を求めS303に進む。

【0074】上記S303では、路面  $\mu$  推定部36で上記パラメータ  $a$ ,  $b$  からコーナリングパワ  $K_f$ ,  $K_r$ を求め、このコーナリングパワ  $K_f$ ,  $K_r$ を基に路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ を算出した後S304に進む。

【0075】上記S304では、基準定常横  $G$  絶対値演算部31で上記ハンドル角  $\theta_H$ , 車速  $V$  から基準定常横  $G$  を求め、この基準定常横  $G$  を絶対値処理した後S305に進み、ローパスフィルタ部32において上記S304で求めた基準定常横  $G$  絶対値データにローパスフィルタ処理を行って基準横  $G$  を求めた後、S306に進む。

【0076】上記S306では、横  $G$  絶対値演算部23で上記横  $G$  センサ21から読み込んだ実横  $G$  データに絶対値処理を行った後S307に進み、S307では、ローパスフィルタ24において上記S306で求めた実横  $G$  絶対値データにローパスフィルタ処理を行った後、S308に進む。

【0077】上記S308では、路面  $\mu$  最大値演算部25において上記S305でローパスフィルタ処理された基準定常横  $G$  (基準横  $G$ ) データと上記S307でローパスフィルタ処理された実横  $G$  ローパスフィルタ処理データとの比から路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ を算出した後S309に進む。

【0078】上記S309では、上記路面  $\mu$  推定部36において上記S303で求めた路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ と上記

S309で求めた路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ とを比較し、上記路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ が上記路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ 以下の場合にはS310に進み、上記路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ を路面  $\mu$  推定値  $E$  とした後ルーチンを抜ける。

【0079】一方、上記路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ が上記路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ より大きい場合にはS311に進み、上記路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ を路面  $\mu$  推定値  $E$  とした後ルーチンを抜ける。

【0080】このように、本実施の形態では、たとえ上記路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$ が路面  $\mu$  の急変等によって実際の路面  $\mu$  よりも大幅に大きな値を示したとしても、出力される路面  $\mu$  推定値  $E$  は、上記路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ より大きな値となることはないため検出される路面  $\mu$  推定値  $E$  の信頼性が高まる。

【0081】このとき、上記基準横  $G$  は、上記基準定常横  $G$  に実車の応答性を加味したローパスフィルタ処理を行って求められたものなので、適切な路面  $\mu$  最大値を求めることができる。

【0082】次に、図11、12、13は本発明の第4の実施の形態を示し、図11は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図、図12は、路面  $\mu$  最大値演算領域を示す説明図、図13は、路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャートである。なお、本実施の形態は、上述の本発明の第3の実施の形態と同様、路面  $\mu$  推定値  $\mu_k$  と路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ とを求め、これらから路面  $\mu$  推定値  $E$  を検出するものであるが、実車応答の若干のずれにより路面推定  $\mu$  の補正を行う場合がある。本実施の形態では、車速  $V$  とハンドル角  $\theta_H$  から求まる基準定常横  $G$  を時定数の異なる2種類のローパスフィルタによって処理し、実車の応答性、すなわち実横  $G$  が時定数の異なるローパスフィルタの出力の間にある場合は、ハンドル操作に応じた横  $G$  応答をしていることになり、路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ は推定値  $\mu_k$ より十分大きな値となるため路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ の算出を行わず推定値  $\mu_k$ を用いる。更に、これらのフィルタ出力と実横  $G$  の値が所定条件を満たすときのみ、該フィルタ出力のうち的一方と上記実横  $G$  とから路面  $\mu$  最大値  $\mu_{\max}$ を求める点が上述の第3の実施の形態と異なる。

【0083】図11に示すように、路面  $\mu$  検出装置40には、ハンドル角センサ3、車速センサ4、ヨーレートセンサ5、及び、横  $G$  センサ21等の各センサからの検出信号が入力され、これらの信号を基に路面  $\mu$  推定値  $E$  を検出するようになっている。

【0084】上記路面  $\mu$  検出装置40は、車両諸元算出部22、基準横  $G$  演算部41、ローパスフィルタA部42a、ローパスフィルタB部42b、横  $G$  絶対値演算部23、ローパスフィルタ部24、路面  $\mu$  最大値演算部45、路面  $\mu$  推定部46で主に構成されている。

【0085】上記車両諸元算出部22は、上記ハンドル角センサ3、上記車速センサ4、上記ヨーレートセンサ

5からの検出データが入力され、上述の第2、3の実施の形態と同様に適応制御理論を用いて、ハンドル角 $\theta H$ 、車速 $V$ 、ヨーレート $\gamma$ からパラメータ $a$ 、 $b$ を推定する車両諸元算出手段として形成されている。

【0086】上記基準横 $G$ 演算部41、上記ローパスフィルタA部42a、上記ローパスフィルタB部42b、上記横 $G$ 絶対値演算部23、上記ローパスフィルタ部24、及び、上記路面 $\mu$ 最大値演算部45は路面摩擦係数基準値演算手段として形成されており、上記基準定常横 $G$ 演算部41は、上記ハンドル角センサ3からハンドル角 $\theta H$ 、上記車速センサ4から車速 $V$ のデータが入力され、これらのデータを基に基準定常横 $G$ を演算するようになっている。

【0087】上記ローパスフィルタA部42a及び上記ローパスフィルタB部42bは、上記基準定常横 $G$ 演算部41で演算された基準定常横 $G$ データをそれぞれ異なる時定数でローパスフィルタ処理して実車の応答性を加味しながらノイズ除去を行った基準横 $G$ （以下、上記ローパスフィルタA部42aからの基準横 $G$ を「フィルタA出力」、上記ローパスフィルタB部42bからの基準横 $G$ を「フィルタB出力」と称す）を生成するようになっている。ここで本実施の形態において、上記ローパス

$$\text{路面 } \mu \text{ 最大値 } \mu A = |\text{実横 } G| \wedge |\text{フィルタA出力}| \quad \dots (14)$$

$$\text{路面 } \mu \text{ 最大値 } \mu B = |\text{実横 } G| \wedge |\text{フィルタB出力}| \quad \dots (15)$$

によって演算するとともに、上記フィルタA、B出力、および、上記「実横 $G$ 」が所定条件を満たすとき、上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu A$ と上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu B$ とを比較してこれらのうち小さい方を路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ として設定するようになっている。

【0092】ここで、上記所定条件を満たす場合とは、上記フィルタA出力と上記フィルタB出力との正負の符号が互いに同一である場合である。すなわち、上記フィルタA出力と上記フィルタB出力との正負の符号が異なる領域では、各フィルタ出力の値が小さくなり、センサノイズ、センサの零点ずれ等の影響が大きくなってしまうため路面 $\mu$ 最大値の信頼性が低下してしまうため路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ の設定を行わない。なお、上記図12において、上記所定条件を満たし路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ の設定を行う領域は、図中I及びIIの領域である。

【0093】上記路面 $\mu$ 推定部46は、上記上記車両諸元算出部22で推定されたパラメータ $a$ 、 $b$ 、及び、上記路面 $\mu$ 最大値演算部45で演算された路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ を基に路面 $\mu$ 推定値 $E$ を算出する路面 $\mu$ 算出手段として形成されている。

【0094】詳しくは、この路面 $\mu$ 推定部46では、先ず、上記パラメータ $a$ 、 $b$ を基にコーナリングバウ $Kf$ 、 $Kr$ を算出して路面 $\mu$ 推定値 $\mu k$ を求める。そして、上記路面 $\mu$ 最大値演算部45で路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ が算出され、この路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ が上記路面 $\mu$ 推定部4

Vで走行中に図12下段に示すようにハンドルが切られたとすると、このハンドル角 $\theta H$ に対応する基準定常横 $G$ を図12中段に示すようなフィルタA出力（遅れ小）、フィルタB出力（遅れ大）として出力するような時定数に設定されている。

【0088】上記横 $G$ 絶対値演算部23は、上記横 $G$ センサ21で検出された実横 $G$ のデータが入力され、この実横 $G$ の絶対値を演算するようになっている。

【0089】上記ローパスフィルタ部24は、上記横 $G$ 絶対値演算部23から実横 $G$ 絶対値データが入力され、このデータに含まれるノイズをローパスフィルタ処理して除去するようになっている。

【0090】上記路面 $\mu$ 最大値演算部45は、実横 $G$ がローパスフィルタ出力値の範囲にない場合のみ上記ローパスフィルタA部24a、上記ローパスフィルタB部42b、及び、上記ローパスフィルタ部24からの出力信号を基に路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ を演算するようになっている。

【0091】詳しくは、上記路面 $\mu$ 最大値演算部45では、上記フィルタA出力の絶対値と上記「実横 $G$ 」、及び、上記フィルタB出力の絶対値と上記「実横 $G$ 」を基に路面 $\mu$ 最大値 $\mu A$ 及び路面 $\mu$ 最大値 $\mu B$ を、

6に入力されたときは、上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu k$ と上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ とを比較して $\mu$ の値が小さい方を路面 $\mu$ 推定値 $E$ として決定し、一方、上記路面 $\mu$ 最大値演算部45で路面 $\mu$ 最大値 $\mu \max$ が算出されなかった場合は上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu k$ を路面 $\mu$ 推定値 $E$ として決定するようになっている。

【0095】次に、上記構成による路面 $\mu$ 検出装置40の路面 $\mu$ 検出を図13のフローチャートで説明する。この路面検出プログラムは、例えば、所定時間毎に実行され、プログラムがスタートすると、S401では、ハンドル角センサ3からハンドル角 $\theta H$ 、車速センサ4から車速 $V$ 、ヨーレートセンサ5からヨーレート $\gamma$ 、横 $G$ センサ21から実横 $G$ を示すデータを読み込み、S402進む。

【0096】上記S402では、車両諸元算出部22で適応制御理論を利用して、上記ハンドル角 $\theta H$ 、上記車速 $V$ 、上記ヨーレート $\gamma$ のデータからパラメータ $a$ 、 $b$ を求めS403に進む。

【0097】上記S403では、路面 $\mu$ 推定部46で上記パラメータ $a$ 、 $b$ からコーナリングバウ $Kf$ 、 $Kr$ を求め、このコーナリングバウ $Kf$ 、 $Kr$ を基に路面 $\mu$ 推定値 $\mu k$ を算出した後S404に進む。

【0098】上記S404では、基準定常横 $G$ 演算部41で上記ハンドル角 $\theta H$ 、車速 $V$ から基準定常横 $G$ を求め、S405に進む。

【0099】上記S405では、ローパスフィルタA部42aにおいて上記基準定常横Gに対しローパスフィルタA処理を行ってフィルタA出力を求め、S406に進み、上記フィルタA出力の絶対値と上記実横Gの絶対値をもとに路面 $\mu$ 最大値 $\mu_A$ を算出して、S407に進む。

【0100】上記S407では、ローパスフィルタB部42bにおいて上記基準定常横Gに対しローパスフィルタB処理を行ってフィルタB出力を求め、S408に進み、上記フィルタB出力の絶対値と上記実横Gの絶対値をもとに路面 $\mu$ 最大値 $\mu_B$ を算出して、S409に進む。

【0101】上記S409では、実横Gが所定範囲にあるか否か、すなわち該実横Gが上記フィルタA出力と上記フィルタB出力とで囲まれる範囲にあるか否かの判定を行い、上記実横Gが上記所定範囲にある場合はS416に進み、上記実横Gが上記所定範囲にない場合はS410に進む。

【0102】上記S410では、上記フィルタA出力、上記フィルタB出力が路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ の設定条件を満たしているか否かの判定を行い、上記設定条件が満たされている場合はS411に進み、上記条件が満たされていない場合はS416に進む。

【0103】上記S411では、上記S406及び上記S408で算出された上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_A$ と上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_B$ を比較し、上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_B$ が上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_A$ 以上の場合はS412に進んで路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max} = \mu_A$ とし、一方、上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_A$ が上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_B$ よりも大きい場合はS413に進んで路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max} = \mu_B$ とする。

【0104】次にS414に進み、上記S412、S413で決定した路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ と上路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ とを比較し、上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ が上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ よりも大きい場合はS415に進み、路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ を路面 $\mu$ 推定値Eとした後ルーチンを抜ける。

【0105】一方、上記S409で、上記実横Gが上記フィルタA出力と上記フィルタB出力とで囲まれる範囲にある場合、上記S410で、上記フィルタA出力、上記フィルタB出力が上記設定条件を満たしていないと判定した場合、あるいは、上記S414で、上記路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ が上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ 以上であると判定した場合は、S416に進み、上記路面 $\mu$ 推定値 $\mu_k$ を路面 $\mu$ 推定値Eとした後、ルーチンを抜ける。

【0106】このように、本実施の形態では、上述の第3の実施の形態で得られる効果に加え、時定数の異なる2種類のローパスフィルタによって実車の応答性を加味した基準横G（フィルタA出力、フィルタB出力）を生成し、実横Gが2種類のローパスフィルタ出力の範囲にない場合にこれらのデータと実横Gとによって路面 $\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ を求めるので、不要な計算を行わずに該路面

$\mu$ 最大値 $\mu_{\max}$ の値をより適切なものとすることができる。

【0107】なお、上記各発明の実施の形態は互いに組み合わせる実施することができることはいうまでもない。

【0108】

【発明の効果】以上、説明したように本発明によれば、路面摩擦係数を推定するためのパラメータ初期値を車両周辺の諸条件を基に実際の路面摩擦係数により近いと思われる路面摩擦係数に対応するパラメータに設定することができるので、車両の始動時からの路面摩擦係数推定値の収束時間を短縮し、応答性を向上することができる。

【0109】また、車速、舵角、ヨーレートを基に、適応制御理論を用いて路面摩擦係数推定値を求めるとともに、車両にかかる横方向の加速度を基に路面摩擦係数を求め、これらを比較して路面摩擦係数推定値を推定するので、たとえ上記適応制御理論を用いて求めた路面摩擦係数に検出誤差や適応制御理論による収束の遅れ等が生じたとしても上記路面摩擦係数推定値の大幅な検出誤差を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1～3は本発明の第1の実施の形態に係わり、図1は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図

【図2】車両の横運動の2輪モデルを示す説明図

【図3】路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャート

【図4】図4～7は本発明の第2の実施の形態に係わり、図4は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図

【図5】ローパスフィルタ処理された横G絶対値を示す説明図

【図6】路面 $\mu$ 推定値Eの算出方法を示す説明図

【図7】路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャート

【図8】図8～10は本発明の第3の実施の形態に係わり、図8は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図

【図9】路面 $\mu$ 推定値Eの算出方法を示す説明図

【図10】路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャート

【図11】図11～13は本発明の第4の実施の形態に係わり、図11は、路面摩擦係数検出装置の機能ブロック図

【図12】路面 $\mu$ 最大値演算領域を示す説明図

【図13】路面摩擦係数検出ルーチンを示すフローチャート

【符号の説明】

1	…	路面摩擦係数検出装置
3	…	ハンドル角センサ
4	…	車速センサ
5	…	ヨーレートセンサ

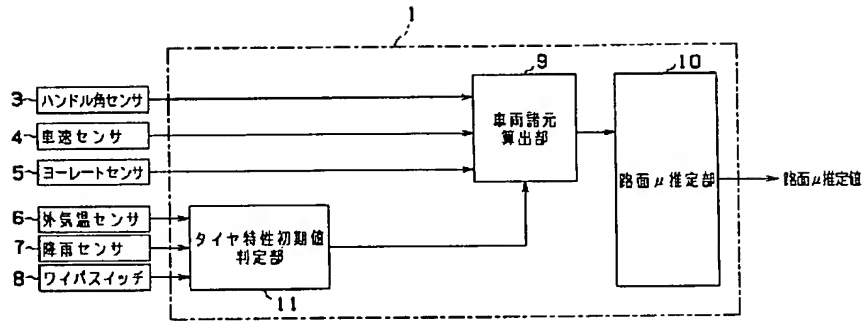
21

22

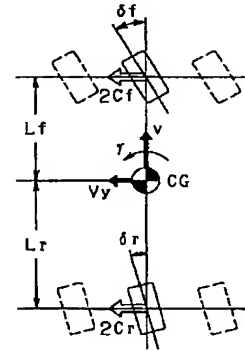
- 6 ... 外気温センサ  
7 ... 降雨センサ  
8 ... ワイパスイッチ

- 9 ... 車両諸元算出部  
10 ... 路面 $\mu$ 推定部  
11 ... タイヤ特性初期値判定部

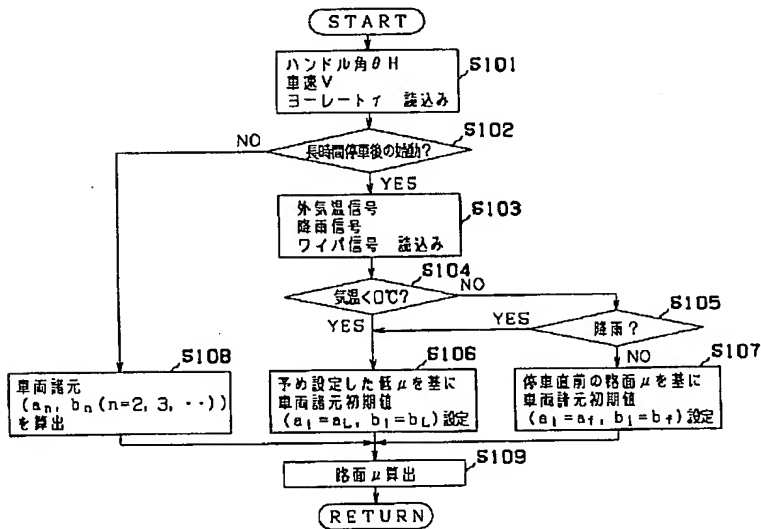
【図1】



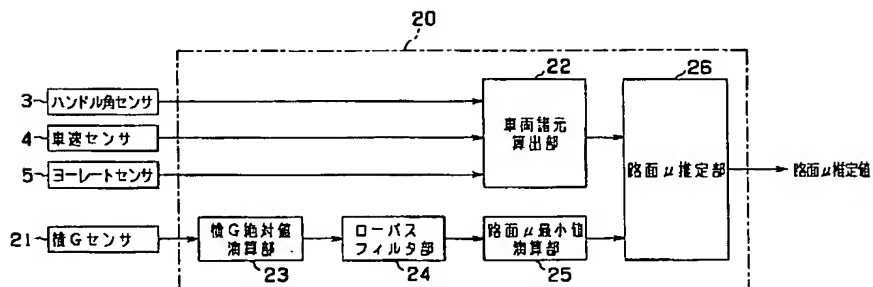
【図2】



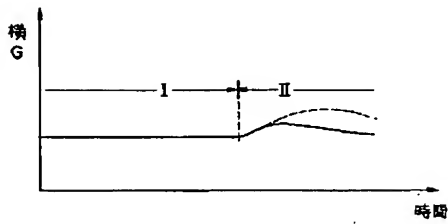
【図3】



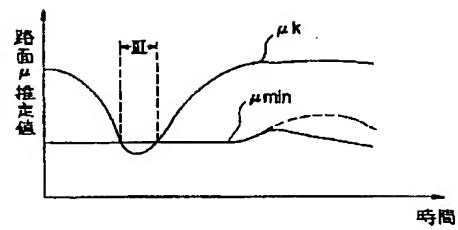
【図4】



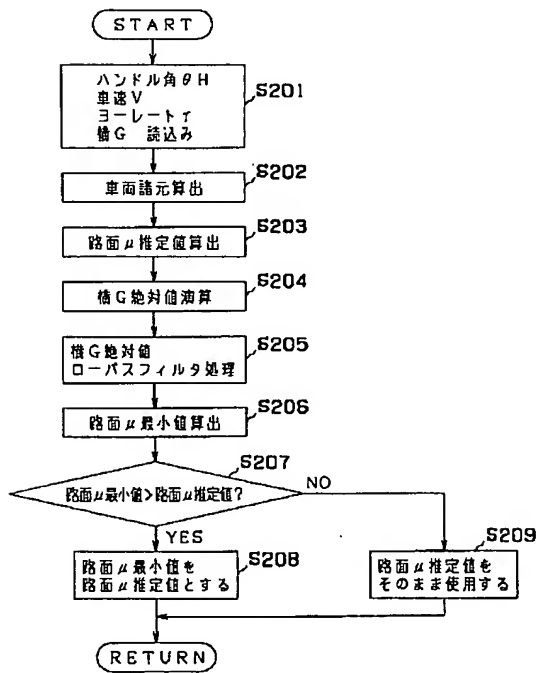
【図5】



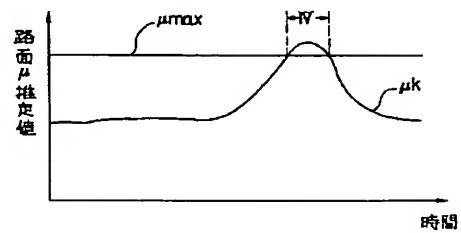
【図6】



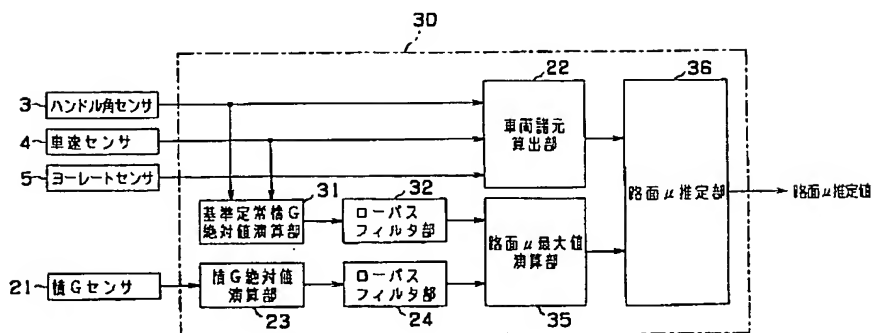
【図7】



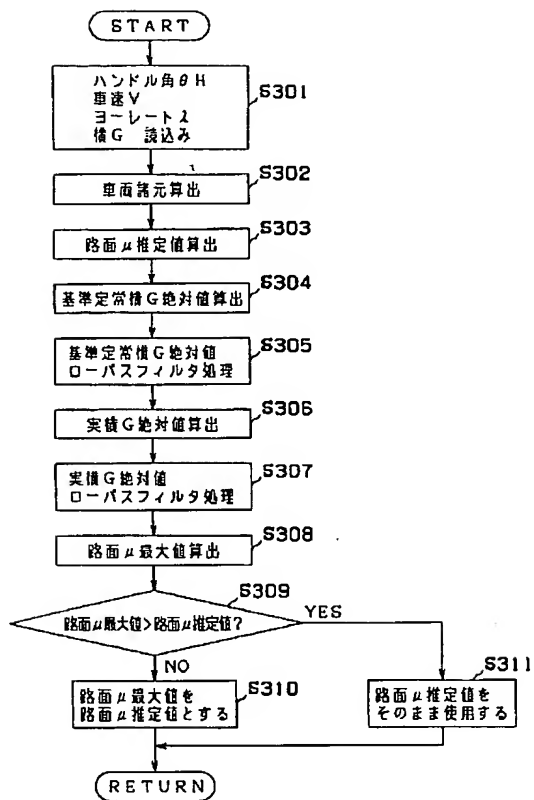
【図9】



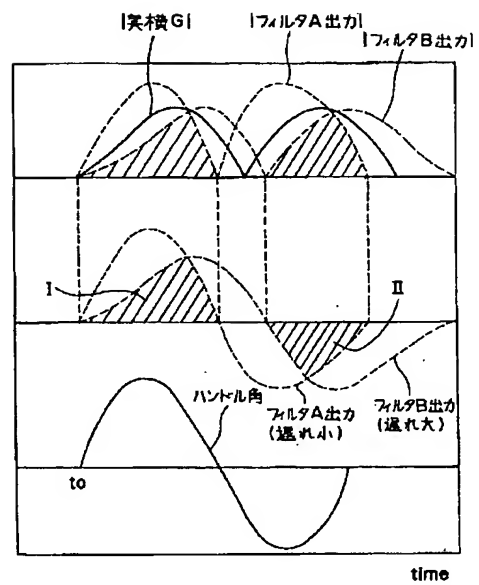
【図8】



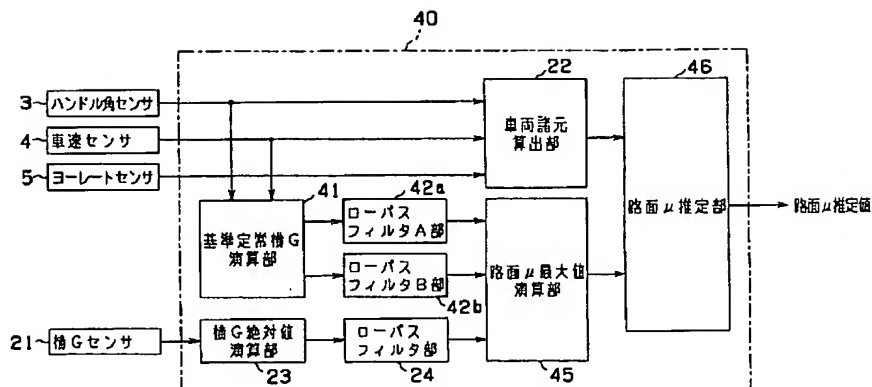
【図10】



【図12】



【図11】



【図13】

